

6. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года. / Правительство Российской Федерации. РАСПОРЯЖЕНИЕ от 22 декабря 2018 г. – № 2914-р. – 27 с.

7. International Institute for Strategic Studies. Military Balance 2018. – London: Taylor & Francis Ltd., 2018. – 517 p.

8. Zindler A., Hart S. R. Chemical geodynamics // Ann. Rev. Earth Planet Sci, 1986. – V. 14. – P. 493–571.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ЗОЛОТО-УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО РАЙОНА

А. А. Данилов<sup>1</sup>, И. Д. Гласс<sup>1</sup>, Е. С. Овчарова<sup>1</sup>, В. Ю. Фомин<sup>1</sup>,  
А. А. Руденко<sup>2</sup>, В. Г. Журавлев<sup>3</sup>, В. А. Домаренко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ООО «ГРП»

Москва, Россия, danilov@utzm.com

<sup>2</sup>АО «РУСБУРМАШ»

Москва, Россия rudall2007@yandex.com

<sup>3</sup>АО «Эльконский ГМК»

Москва, Россия, valgezhuravlev@rosatom.ru

<sup>4</sup>Томский политехнический университет

Томск, Россия, viktor\_domarenko@mail.ru

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF AURUM-URANIUM DEPOSITS IN THE ELKONSKY DISTRICT

A. A. Danilov<sup>1</sup>, I. D. Glass<sup>1</sup>, E. S. Ovcharova<sup>1</sup>, V. Y. Fomin<sup>1</sup>,  
A. A. Rudenko<sup>2</sup>, V. G. Zuravlev<sup>3</sup>, V. A. Domarenko<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ООО «ГРП»

Москва, Россия, danilov@utzm.com

<sup>2</sup>АО «РУСБУРМАШ»

Москва, Россия rudall2007@yandex.com

<sup>3</sup>АО «Эльконский ГМК»

Москва, Россия, valgezhuravlev@rosatom.ru

<sup>4</sup>Томский политехнический университет

Томск, Россия, viktor\_domarenko@mail.ru

The ores of the Elkonsky district are complex in nature with significant concentrations of free gold, especially in the near-surface part, in connection with which the Elkonsky uranium ore region can be defined as the Elkonsky gold-uranium with a gold potential of at least 500 tons.

### Введение

Эльконский урановорудный район является частью Центрально-Алданского горнопромышленного района, представляющего собой наиболее промышленно развитую и экономически освоенную южную часть Республики Саха (Якутии).

Он расположен в пределах одноименного горстового поднятия сложенного глубоко метаморфизованными и сложно дислоцированными архейскими кристаллическими сланцами и гнейсами, ультраметаморфическими и магматическими образованиями раннепротерозойского возраста. По периферии района в виде останцов на размытой поверхности докембрийских пород близгоризонтально залегают осадочные отложения венд-кебрийского возраста. Образования нижнего и верхнего структурных эта-

жей прорваны щелочноземельными и щелочными магматическими породами мезозойского возраста и перекрыты чехлом рыхлых кайнозойских отложений.

Главными структурными элементами района являются региональные разломы архейского заложения, неоднократно подновлявшиеся в более позднее время.

В металлогеническом плане Эльконский урановорудный район характеризуется проявлением двух главных эпох рудообразования: докембрийской и мезозойской. В докембрийскую эпоху образованы крупные месторождения железа, флогопита и апатита, расположенные по периферии Эльконского горста. Для мезозойской металлогенической эпохи характерны промышленные месторождения урана и золота, месторождения молибдена, а также мелкие полиметаллические проявления жильного типа [3].

## Материалы и методы

В основу исследований положены результаты разведки месторождений Зоны Южная и месторождения Северное, выполненной компаниями АО «Русбурмаш», АО УГРК «Уранцветемет», ООО «ГРП» в 2009–2012 гг. и 2018–2020 гг. по заданию недропользователя, АО «Эльконский ГМК», входящего в холдинг АО «Атомредметзолото», Госкорпорации Росатом. Аналитические и технологические исследования выполнялись лабораториями «СЖС Восток Лимитед» (г. Чита), ФГБУ «ВИМС» (г. Москва), АО «ВНИИХТ» (г. Москва), ОХТЗ (г. Краснокаменск) и АО «Иргиредмет» (г. Иркутск).

## Результаты и их обсуждение

В пределах Эльконского горста выявлено свыше 20 рудоносных зон, характеризующихся комплексным золото-урановым и молибден-золотоурановым оруденением. Урановое оруденение Эльконского УРР локализовано в долгоживущих разрывных структурах, подновленных в мезозойское время, преимущественно, северо-западного, реже субширотного, простирания (Рис. 1).

В наиболее крупной и изученной рудоносной тектонической зоне Зоне Южная комплексное золотоурановое оруденение образует кулисообразно располагающиеся тела жильной формы протяженностью до 1 км. В целом, протяженность – Зоны Южная составляет 20,7 км, глубина распространения оруденения превышает 2 км. Зона Южная условна разде-

лена на несколько участков, которые рассматриваются как самостоятельные месторождения: Элькон, Эльконское Плато, Курунг, Непроходимое, Дружное и участок Минеевский. Протяженность второй по масштабам оруденения Зоны Северная (месторождение Северное) 4,7 км, оруденение распространяется на глубину 1200–1500 м. Кроме того, в пределах района установлен ряд оперяющих ураноносных структур (Зоны Старая, Знакомая, Ветвистая и др.).

По своей структуре рудоносные Эльконского урановорудного района практически однотипны однотипны. Это вытянутые по простиранию и падению маломощные тела с практически сплошным характером оруденения, ориентированные субсогласно с элементами залегания рудовмещающих тектонических зон с обогащенными участками в узлах сочленения с оперяющими нарушениями [2, 4]. Протяженность отдельных рудных тел по простиранию варьирует от 20–30 до 650–700 м, по падению – от 20–30 до 200–300 м при мощности от десятков см до 2–5 м. Наиболее крупные рудные тела обычно имеют склонение в плоскость рудовмещающих зон на СЗ под углами 30–50°. Сближенные рудные тела образуют рудные залежи протяженностью 550–3900 м по простиранию и 400–1500 м по падению.

Верхняя граница промышленных руд проходит, преимущественно, в 200–400 метрах от уровня современной поверхности и только в отдельных случаях, в местах сочленения с оперяющими структурами промышленные руды выходят на поверхность.



Рис. 1. Схематическая геологическая карта Эльконского урановорудного района

1 – интрузии и дайки верхнеюрского магматического комплекса, 2 – платформенные отложения кембрия, 3 – метаморфические и гранитные комплексы архея, 4 – древние тектонические зоны, подновленные и образованные в мезозое, 5 – участки месторождения Южное (Элькон, Эльконское плато, 3 – Курунг, 4 – Непроходимый, 5 – Дружный, 6 – Минеевский)

Первичные руды представлены преимущественно титанатом урана – браннеритом, образующим цемент брекчий, прожилки в пирит-карбонат-полевых метасоматитах (эльконитах) [1]. В состав эльконитов входят тонкозернистый метасоматический скрытокристаллический высокозолотоносный пирит – мельникит (5–7 %), содержащий около 60–90 г/т тонкодисперсного золота, карбонаты (15–20 %) и агрегат тонкозернистого буроватого калиевого полевого шпата, частично перекристаллизованного в прозрачный адуляр (до 80 %). На юго-восточном фланге Зоны Южная (участок Минеевский) получила развитие молибденовая минерализация, представленная вкраплённостью иордизита и молибденита.

Содержание урана в первичных условно балансовых рудах (по бортовому содержанию 0,04 %) около 0,15 %; в забалансовых рудах (по бортовому содержанию 0,02 %) – 0,045 %. В качестве попутных компонентов в первичных рудах присутствуют золото (~ 0,8 г/т), серебро (до 10 г/т), молибден (до 0,08 %), ванадий (~ 0,05 %).

В приповерхностной части рудоносных зон до глубин 100–150 м первичное оруденение претерпело существенные изменения в результате проявления окислительных процессов. С замещением сульфидов гематитом и лимонитом (6,8–7,5 %), выщелачиванием карбонатов, формированием биотита, хлорита (наиболее кислотоёмких компонентов), гидрослюд, глинистых минералов (13–15 %). Урановая минерализация представлена в основном вторичными минералами: отенитом, торбернитом, ураноцирцитом. Окисление золотоносного пирита приводит к образованию вторичных тонких выделений свободного золота. Нередко встречаются кварцевые жилы, а также прожилки мориона и флюорита.

Содержания золота варьируют от 0,73 до 5,9 г/т, при забалансовых содержаниях урана – 0,007–0,067 %. Из элементов примесей присутствуют в незначительных количествах мышьяк, ванадий, хром, циркон, ниобий. На месторождении Северное среднее содержание золота в подсчетных блоках варьирует от 0,6 до 1,8 г/т, составляя в среднем по месторождению 0,94 г/т, в единичных пробах до 18 г/т. Среднее содержание попутных компонентов серебра и урана составляет, соответственно 6,2 г/т и 0,017 %.

Окисленные руды месторождения Лунное (зона Федоровская) характеризуются более высокими содержаниями золота – 1,5–4,1 г/т (в среднем по месторождению – 2 г/т) и серебра – 6,6–50,1 г/т (в среднем по месторождению – 9,14 г/т); содержание урана – 0,014 %.

Таким образом, вертикальная зональность месторождений Эльконского УРР проявляется в смене окисленных урансодержащих серебро-золотых руд, полуокисленными, а затем и неокисленными (первичными) золотоурановыми рудами. Для уранового оруденения зональность выглядит следующим

образом: урановые слюдки → окислы, силикаты и фосфаты урана → титанат урана. В окисленных рудах золото свободное, а в первичных и, частично, в полуокисленных рудах золото связано с пиритом и недоступно для прямого цианирования (Рис. 2).

В связи с наличием на месторождениях первичных, полуокисленных и окисленных руд большое значение приобретает технологическое картирование. Критериями окисленности руд являются степень окисления, определенная по соотношению в рудах закисного и окисного железа и степень извлечения золота при тестовом выщелачивании цианидными растворами. Из приведённого графика (Рис. 3) видно, что извлечение золота находится в прямой зависимости от степени окисления – при повышении степени окисления проб руды растёт извлечение золота цианированием.

Технологические исследования руд месторождений Северное, Зоны Южная проводились с 1980–85 гг. – в период разведки месторождений и продолжались в 2007 г и по 2020 г. включительно в лабораториях АО «ВНИИХТ», ОХТЗ и АО «Иргиредмет». Массы технологических проб составляли от первых кг до 50 т. За этот период была исследована и испытана урановая руда месторождений Зоны Южная (Эльконское плато, Курунг, Непроходимое, Дружное) и золото-серебряная урансодержащая руда месторождения Северное.

**На первом этапе** технологических исследований упор был сделан на совокупную переработку золото-урановых руд месторождений Зоны Южная. Технология отрабатывалась на стандартной пробе в АО «ВНИИХТ», а в 2009 г. – на крупнообъемной пробе (50 т) на опытном заводе.

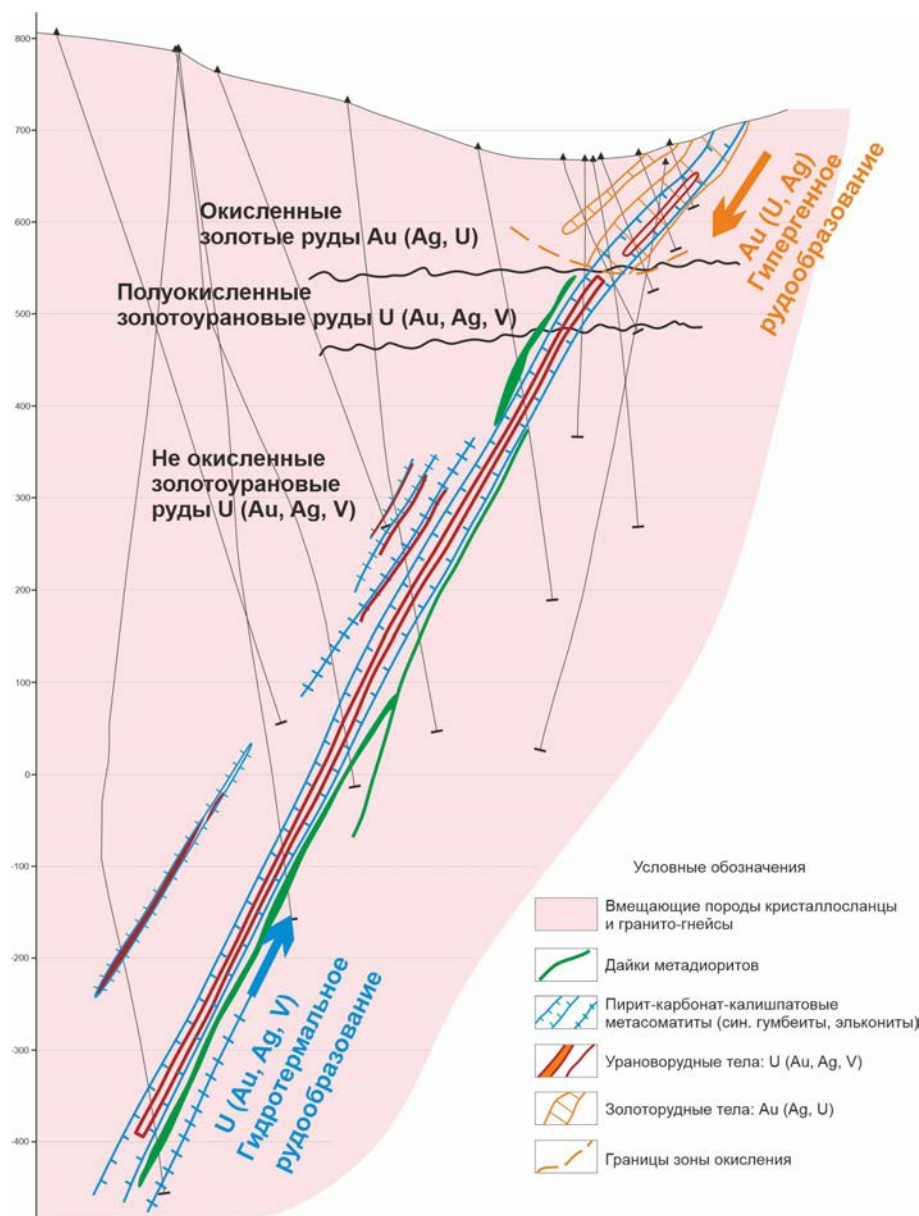
По вещественному составу основным рудным минералом во всех месторождениях был определен браннерит и продукты его распада – уранофан, коффинит, отенит и лермонтовит. Выделены три технологических типа руд – окисленные, полуокисленные и первичные руды. Содержания урана в первичных рудах 0,14–0,18 %, в окисленных – в среднем 0,035 %. Содержание кислотоёмких минералов колеблется от 9 до 18 %, карбонатов от 4,4 до 10 %, отношение окисного и закисного железа более 2.

При автоклавном выщелачивании в стандартных условиях ( $t = 140^\circ\text{C}$ ,  $P_{O_2} = 3$  атм.,  $\tau = 4$  часа, расход  $\text{HNO}_3 = 1$  %) из окисленных руд извлекается 97 % урана при расходе серной кислоты 8 %, из полуокисленных руд – 94,5 % при расходе кислоты 16 %, из неокисленных руд – 81,3 % при расходе кислоты 18 %.

**На втором этапе** изучение технологических свойств руд проводили на пробах месторождения Северное, отобранных от поверхности до глубины 800 м.

На месторождении Северное руды представлены:

- серебро-золоторудные с забалансовыми содержаниями урана;



**Рис. 2.** Геолого-генетическая модель формирования комплексного Au-U оруденения (на основе геологического разреза ПР 76 месторождения Северное)

- золото-урановые.

Золото-серебряные руды относятся к окисленным, а золото-урановые — к полуокисленным и неокисленным (первичным) рудам.

Извлечение урана при атмосферных условиях варьирует от 51 до 93,4 %, и в автоклаве от 76,8 до 97 %.

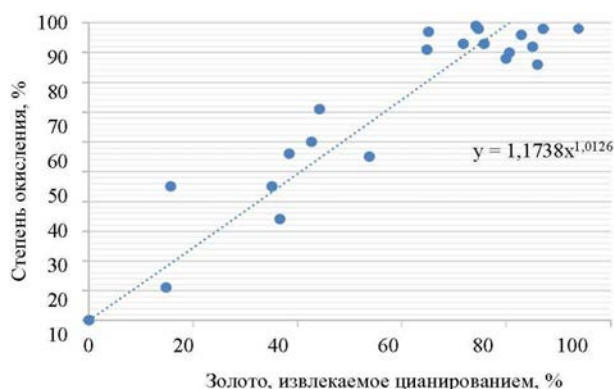
Кроме урана, золота и серебра в растворах выщелачивания присутствует ванадий, который можно извлекать из продуктивных растворов после сорбции урана, где он содержится в концентрации 150–300 мг/л. Сбросовые растворы окисляются перекисью водорода, после чего проводится сорбция на смоле пятиокиси ванадия. Извлечение ванадия на основе различных опытов составило 36–70 %.

На третьем этапе изучения технологических свойств были исследованы руды окисленной зоны и разработан Регламент на переработку методом кучного выщелачивания (АО «Иргиредмет»). В настоящее время идет строительство опытно-промышленной установки КВ на месторождении Северное.

Сравнительный анализ технологий, испытанных и разработанных на рудах месторождений Зоны Южная и Северная, позволяет сделать вывод, что в современных условиях экономически привлекательной технологии по извлечению урана, золота и попутного серебра не существует за исключением переработки окисленных руд месторождения Северное.

**Перспективные направления** исследований по добыче и переработке золото-урановых руд месторождений Эльконского урановорудного района.





**Рис. 3.** Зависимость извлечения золота от степени окисления руды

В мире всего эксплуатируется чуть более 300 объектов КВ в разных стадиях работы, с добычей урана, меди, золота, серебра и никеля в качестве основных продуктов и с попутным производством молибдена, цинка и свинца. 70 проектов из этого числа работают в зонах с арктическим и субарктическим климатом. Отличительной чертой таких предприятий является работа в условиях мерзлоты, с подогревом штабеля изнутри или с помощью подогрева растворов, уникальные технологические решения в области кинетики выщелачивания, особенно для биологического КВ.

Перспективные направления по исследованию эффективных технологий переработки руд представлены на Рис. 5

Разработка технологии и использование мирового опыта переработки упорных руд применительно к рудам Эльконского УРР видится в развитии вариантов бактериального КВ. Одним из примеров может служить предприятие по бактериальному КВ никеля из сульфидных руд Talvivaara (Финляндия) [5], золота на Олимпиадинском месторождении в Красноярском крае [8]. Технологический процесс переработки руд состоит из добычи руд (открытый карьер), дробления, бактериального КВ и переработки продуктивных растворов с извлечением металлов (Ni, Co, Cu, Zn, Au и попутного U).

Мировая практика создала огромный задел в сфере прорывных технологий переработки минерального сырья, который в ходе дальнейшего развития, откроет совершенно новые возможности переработки минерального сырья, причем большая часть ориентирована на принципы «зеленой химии». Создавшаяся ситуация настоятельно требует быстрой апробации перспективных технологий на реальных объектах, в том числе и на таком монстре как месторождения Эльконского урановорудного района, освоение которого станет очередным прорывным шагом в освоении минерально-сырьевой базы РФ.

## Выводы

1. К основному типу месторождений, выявленных на Эльконском горсте, относятся золото-урановые. Эти месторождения связаны с древними, долгоживущими, подновленными в мезозое рудоносными тектоническими структурами. Первичное урановое оруденение развито на глубинах от 200 до 2000 м. Попутными компонентами урановых руд являются золото, серебро, молибден и ванадий. Вследствие неблагоприятной конъюнктуры рынка урана, отсутствия инфраструктуры, глубокого залегания рудных тел, относительно низкого содержания урана в упорных трудноизвлекаемых рудах перспективы освоения урановых месторождений Зоны Южная в обозримом будущем отрицательные. В связи с этим в настоящее время, несмотря на значительный потенциал, оценку и разведку объектов Эльконского УРР на уран проводить нецелесообразно.

2. В зоне полуокисленных пород, развитых на глубинах 100–200 м от поверхности, и флангах основных золоторудных тел, более широкое развитие имеют окислы, силикаты и фосфаты урана – настуран, коффинит, лермонтовит и др. Полуокисленные урановые руды могут перерабатываться попутно с окисленными, с извлечением урана при атмосферном выщелачивании

3. В настоящее время практический интерес могут представлять золоторудные объекты, с попутными серебром и ураном, с хорошо проявленной зоной окисления, пригодных для открытой добычи с применением кучного, в том числе бактериального выщелачивания золота, что успешно осуществляется на месторождении Лунное.

4. Учитывая что руды Эльконского района носят комплексный характер со значительными концентрациями свободного золота особенно в приповерхностной части, Эльконский урановорудный район может быть определен как Эльконский золото-урановый рудный район с потенциалом золота, доступного для открытой добычи, не менее 500 тонн.

## Рекомендации

1. Провести крупномасштабные поисковые работы и предварительно оценить перспективы ранее выявленных урановорудных зон Эльконского УРР на золотое оруденение в зоне окисления с составлением прогнозной карты золотоносности Эльконского УРР;

2. На месторождениях Зоны Южная (Элькон, Непроходимое, Дружное), выполнить специализированные работы по изучению внутреннего строения рудовмещающих структур и характера распределения в них полезных компонентов, в том числе золота, молибдена, рения, серебра, редких земель, МПГ;

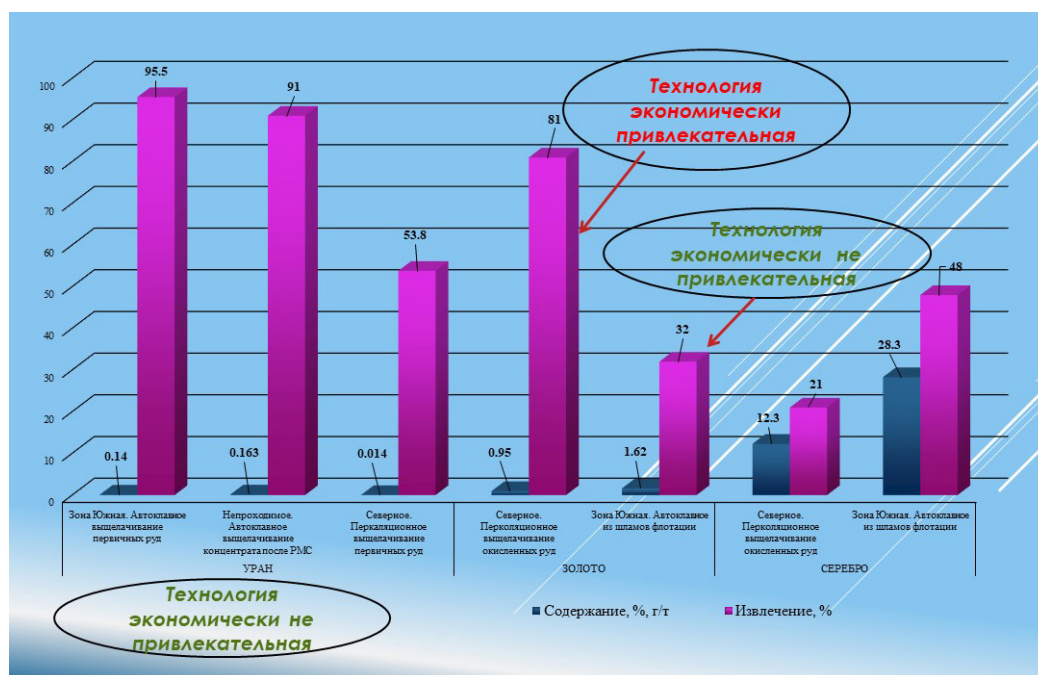


Рис. 4. Привлекательность разработанных технологий переработки руд Эльконского УРР



Рис. 5. Прорывные технологии переработки минерального сырья [7]

3. Провести работы по определению контуров золотосодержащих руд за пределами контуров подсчета балансовых запасов урана и решить вопрос о целесообразности их учета и отработки.

4. При оценке и разведке месторождений выполнять геолого-технологическое картирование с целью выделения типов и сортов руд: окисленных серебро-золотых урансодержащих, полуокисленных и первичных золото-урановых.

5. Провести технологические испытания руд оцениваемых месторождений по кучному выщелачиванию золота и урана, в том числе с применением технологий по бактериальному КВ урана из полуокисленных руд.

6. Всесторонне проработать вопрос, касающийся стадийности отработки запасов, предусмотреть возможность вовлечения в первоочередную отработку запасов, обеспечивающих максимальный экономический эффект

## Литература

- Бойцов В. Е., Пилипенко Г. Н., Дорожкина Л. А. Новый уникальный тип золото-урановых (браннеритовых) руд Эльконского рудного узла. RMS DPI 2006-2-6-0.
- Домаренко В. А., Зайченко А. П. Особенности строения рудовмещающей структуры комплекс-

ного золото-уранового месторождения Северное (Эльконский рудный район, Южная Якутия) // Разведка и охрана недр, 2015. – № 7. – С. 7–11.

- Живов В. Л., Бойцов А. В., Шумилин М. В. Уран: геология, добыча, экономика. – М.: РИС «ВИМС», 2012. – 304 с.

4. Зайченко А. П., Домаренко В. А., Перегудина Е. В. Внутреннее строение рудовмещающей структуры комплексного золотоуранового месторождения Северное (Эльконский урановорудный район) // Известия ТПУ, 2015. – № 9. – С. 78–84.
5. Лодейщиков В. В., Переработка никельсодержащих руд методом кучного бактериального выщелачивания. Опыт финской фирмы «Talvivaara», Золотодобыча, № 132, Ноябрь, 2009.
6. Терехов А. В., Молчанов А. В., Шатова Н. В., Белова В. Н. Два типа рудоносных гумбеитов Эльконского золото-урановорудного узла (южная Якутия) // Региональная геология и металлогения, 2014. – № 60. – С. 71–86.
7. Прорывные гидрометаллургические процессы для устойчивого развития технологий переработки минерального сырья. ВИМС. М. 2019.
8. [https://zolteh.ru/technology\\_equipment/razrabotka-tehnologii-avtoklavnoj-pererabotki-kontsentrato-i-promproduktov-olimpiadinskogo-goka-zao-polyus/](https://zolteh.ru/technology_equipment/razrabotka-tehnologii-avtoklavnoj-pererabotki-kontsentrato-i-promproduktov-olimpiadinskogo-goka-zao-polyus/).

## ПЕРОВСКИТЫ КОЧУМДЕКСКОГО КОНТАКТОВОГО ОРЕОЛА (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ): ПЕРВЫЙ ОПЫТ U-Pb ДАТИРОВАНИЯ МЕТОДОМ LA-ICP-MS

А. С. Девятярова<sup>1</sup>, В. С. Каменецкий<sup>2</sup>, Э. В. Сокол<sup>1</sup>, С. Н. Кох<sup>1</sup>, Е. Н. Нигматулина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии СО РАН  
Новосибирск, 630090 Россия

<sup>2</sup>Институт экспериментальной минералогии РАН  
Черноголовка, 142432, Россия, devyatiyarova@igm.nsc.ru

### PEROVSKITE FROM THE KOCHUMDEK CONTACT AUREOLE IN EAST SIBERIA: APPLICABILITY TO THE LA-ICP-MS U-Pb GEOCHRONOLOGY (FIRST EXPERIENCE)

A. S. Devyatiyarova<sup>1</sup>, V. S. Kamenetsky<sup>2</sup>, E. V. Sokol<sup>1</sup>, S. N. Kokh<sup>1</sup>, E. N. Nigmatulina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS  
Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Experimental Mineralogy RAS  
Chernogolovka, Russia, devyatiyarova@igm.nsc.ru

Perovskite is the main accessory mineral in the spurrite marbles of the Kochumdek aureole. Abundant and chemically homogeneous perovskite crystals (5–200 µm) are characterized by limited substitutions:  $Ti^{4+} \rightarrow Zr^{4+}$  (up to 2.4 mol. %  $CaZrO_3$ ) and  $Ca^{2+} Ti^{4+} \rightarrow REE^{3+} Fe^{3+}$  (up to 1.5 mol. %  $REEFeO_3$ ). Perovskite is the main host for Th, U, Ti, Zr, and LREE (La + Ce + Pr + Nd) and has element incorporation ratios as high as  $K_{Th} = 487$ –666;  $K_U = 374$ ;  $K_{Ti} = 179$ –267;  $K_{Zr} = 35$ –52;  $K_{REE} = 36$ –79. U–Pb isotopic ages for the Kochumdek perovskite were obtained by in situ U–Pb LA-ICP-MS isotope analyses. In total ≈ 60 grains of metamorphic perovskite from 2 samples were analyzed and the following U–Pb ages of the metamorphic event were obtained:  $248.0 \pm 7.2$  Ma and  $258.0 \pm 6.0$  Ma (the intersection of sets is 252–255 Ma).

#### Введение

Перовскит ( $CaTiO_3$ , Pnma) – распространенный аксессуарный минерал многих  $SiO_2$ -недосыщенных магматических пород (кимберлитов, лампрофиров, нефелиновых сиенитов, карбонатитов) [8, 12, 15], обычен также и для пород контактового метаморфизма (скарнов и мраморов) [4, 15]. Перовскитовая структура ( $A^{12}B^{18}X_3$ , где  $A^{2+} = Ca, Sr, Ba, Na, REE$ ;  $B^{4+} = Ti, Sn, Nb, Ta, Zr, Th, U, Fe^{3+}, Al, Mg$ ;  $X^2 = O, F$ ), уникальная по своей «пластичности», способна в различных сочетаниях включать десятки элементов и толерантна к появлению дефицита/избытка кислорода [11]. Природный перовскит концентрирует рассеянные, редкоземельные и высокозарядные элементы (главным образом, Nb, Ta, Ce, La, Th и U), благодаря чему он

(наряду с цирконом и бадделейтом) пригоден для U–Pb изотопного датирования геологических процессов методами SHRIMP и LA-ICP-MS. Первый из этих методов дорог и имеет малую производительность, однако обеспечивает высокую точность U–Pb датировок [3]. Второй метод – значительно более дешев и производителен, однако обладает высокой точностью только при датировании минералов с низкими содержаниями «обычного» (common) свинца [2, 12]. В настоящее время методика U–Pb датирования методом LA-ICP-MS перовскитов из ультраосновных и щелочных магматических пород успешно используется для определения возраста соответствующих комплексов [2, 8–10, 12, 13].

Цели данной работы: (1) охарактеризовать макро- и микроэлементный состав перовскитов из мраморов